عدد المولات أو كمية المادة n بـــ mol	$n = \frac{N}{N_A}$	▪ N_A عدد آفوقادرو : $N_A = 6,023.10^{23}$ ▪ N عدد الذرات أو الجزيئات
	$n = \frac{m}{M}$	▪ M : الكتلة المولية بـــ g/mol ▪ m الكتلة بـــ g
	$n = \frac{V_g}{V_M}$	▪ V_g حجم الغاز ▪ V_M الحجم المولي $L/$
التركيز المولي c بـــ mol/L	$c = \frac{n}{V}$	▪ n عدد المولات بـــ mol ▪ V حجم المحلول بـــ L
التركيز الكتلي: c_m أو t بـــ g/L	$c_m = \frac{m}{V}$	▪ m الكتلة بـــ g ▪ V حجم المحلول بـــ L
الكتلة الحجمية ρ بـــ g/mL	$\rho = \frac{m}{V}$	▪ m كتلة العينة بـــ g ▪ V حجم العينة بـــ mL
الكثافة d — السوائل والمواد الصلبة	$d = \frac{\rho}{\rho_e}$	▪ ρ_e الكتلة الحجمية للماء $\rho_e = 1\,g/ml = 1kg/l$ ▪ ρ الكتلة الحجمية للسائل أو الصلب
قانون التمديد او التخفيف	$c_1V_1 = c_2V_2$	▪ c_1 تركيز المحلول المركز . ▪ c_2 تركيز المحلول المخفف . ▪ V_1 حجم المحلول المركز. ▪ V_2 حجم المحلول المخفف. ▪ حجم الماء المضاف : $V_e = V_2 - V_1$
معامل التمديد F	$F = \frac{c_1}{c_2} = \frac{V_2}{V_1}$	▪ c_1 تركيز المحلول المركز . ▪ c_2 تركيز المحلول المخفف . ▪ V_1 حجم المحلول المركز. ▪ V_2 حجم المحلول المخفف.
تركيز محلول تجاري	$C = \frac{10\,.P.d}{M}$	▪ P درجة النقاوة او النسبة الكتلية ▪ d الكثافة بالنسبة للماء. ▪ M الكتلة المولية .
درجة النقاوة	$P = \frac{m}{m'} \times 100$	▪ m كتلة المادة النقية . ▪ m' الكتلة الغير نقية أو التجارية .
الناقلية : G بـــ S	$G = \frac{I}{U} = K\sigma$	▪ ثابت الخلية $K = \frac{S}{L}$ ▪ I التيار الكهربائي بـــ A ▪ U التوتر الكهربائي بين طرفي الخلية بـــ V ▪ σ الناقلية النوعية
الناقلية النوعية σ بـــ S/m	$\sigma = \lambda_1[X_1] + \lambda_2[X_2]+..$	▪ λ_1 الناقلية النوعية المولية. ▪ $[X]$ التركيز المولي للشاردة بـــ mol/m^3

الحمض: هو نوع كيميائي قادر على منح بروتون أو أكثر.

$$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} = H_3O^+{}_{(aq)} + A^-{}_{(aq)}$$

- **حمض ضعيف:**

$[H_3O^+] < C$ ، $\tau_f < 1$ ، $K < 10^4$

- **حمض قوي:**

$[H_3O^+] = C$ ، $\tau_f = 1$ ، $K > 10^4$

الاساس: هو نوع كيميائي قادر على التقاط بروتون أو اكثر

$$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} = BH^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

- **أساس ضعيف:** $[OH^-] < C$ ، $\tau_f < 1$ ، $K < 10^4$
- **أساس قوي:** $[OH^-] = C$ ، $\tau_f = 1$ ، $K > 10^4$

$$\text{pH} = -\log[H_3O^+] \Longrightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH}$$

$$[HO^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} \Longrightarrow [HO^-] = 10^{pH-14}$$

- **نسبة التقدم النهائي:**

$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[H_3O^+]}{C} = \frac{10^{-pH}}{C}$.

- نسبة التقدم تتعلق بالحالة الابتدائية للجملة كلما نقص التركيز زادت نسبة التقدم النهائي

- **نسبة التقدم النهائي:** $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[HO^-]}{C} = \frac{10^{pH-14}}{C}$.

- **الجداء الشاردي للماء:** $Ke = [H_3O^+] \times [HO^-] = 10^{-14}$
- **كسر التفاعل** Q_r ، **كسر التفاعل النهائي ، ثابت التوازن** K : $aA + bB = cC + dD$

$$K = Q_{rf} = \frac{[C]^c{}_f \times [D]^d{}_f}{[A]^a{}_f \times [B]^b{}_f} \quad , \quad Q_r = \frac{[C]^c \times [D]^d}{[A]^a \times [B]^b}$$

- في حالة تفاعل يوجد فيه الماء بوفرة نضع : $[H_2O] = 1$
- اذا كان احد النواتج او المتفاعلات صلبا فان تركيزها اصطلاحا هو 1.
- كسر التفاعل النهائي لا يتعلق بالحالة الابتدائية للجملة.

ثوابت الحموضة: $K_a = \frac{[A^-]_f \times [H_3O^+]_f}{[HA]_f}$

$$pK_a = -\log K_a \Longrightarrow K_a = 10^{-pK_a}$$

$$\text{pH} = pK_a + \log\frac{[A^-]_f}{[HA]_f}$$

أساس مع الماء :

$$K = \frac{[BH^+]_f \times [OH^-]_f}{[B]_f}$$

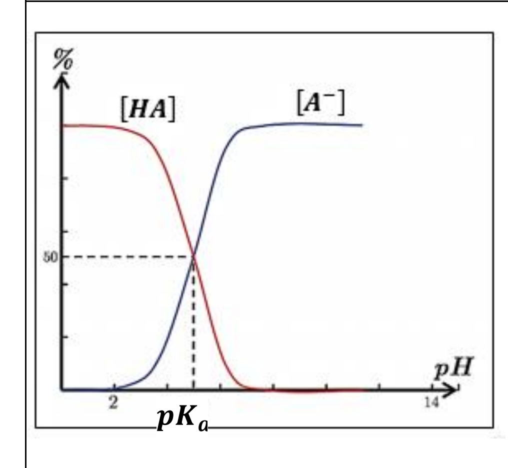
$$K = \frac{[BH^+]_f \times [OH^-]_f \times [\boldsymbol{H_3O^+}]}{[B]_f \times [\boldsymbol{H_3O^+}]} \Longrightarrow K = \frac{Ke}{K_a}$$

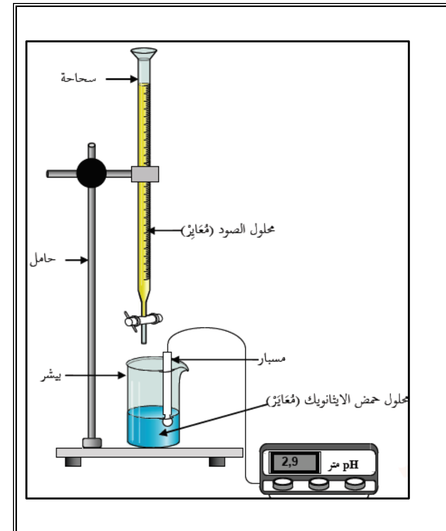
الصفة الغالبة:

- اذا كان $\text{pH} = pK_a$ أي $[A^-]_f = [HA]_f$ لا توجد صفة غالبة.
- اذا كان $\text{pH} < pK_a$ أي $[A^-]_f < [HA]_f$ الصفة الحمضية هي الغالبة.
- اذا كان $\text{pH} > pK_a$ أي $[A^-]_f > [HA]_f$ الصفة الاساسية هي الغالبة.
- عند تقاطع المنحنيين $\text{pH} = pK_a$
- تحسب هذه النسب كما يلي:

$$[HA]_f\% = \frac{[HA]_f}{[HA]_f + [A^-]_f} \times 100$$

$$; \quad [A^-]_f\% = \frac{[A^-]_f}{[HA]_f + [A^-]_f} \times 100$$





البروتوكول التجريبي للمعايرة

- نملأ السحاحة بالمحلول الذي نعاير به ونضبط مستوى المحلول عند التدريجة 0.
- نسحب بواسطة ماصة عيارية مناسبة حجما V من المحلول المراد معايرته ونضعه في بيشر الذي بدوره يوضع فوق مخلاط مغناطيسي.
- نغسل جيدا مسرى جهاز الــ pH متر بالماء المقطر ونجففه ثم نغمره بحذر في البيشر شاقوليا دون ان يلامس القضيب المغناطيسي.
- نشغل المخلاط ونبدأ في اضافة المحلول من السحاحة .
- نقيس الــ pH بالنسبة لكل حجم مضاف والنتائج المتحصل عليها تدون في جدول.

- **التكافؤ:** وهي النقطة التي يكون فيها المحلول المعايَر والمحلول المعاير بنسب معاملاتها الستوكيومترية.
- **عند التكافؤ يكون:** $C_aV_a = C_bV_E$
- **نقطة نصف التكافؤ:** وهي النقطة التي يكون فيها تركيز الحمض مساوي لتركيز الأساس المرافق له أي:

$$[A^-] = [HA] \Longrightarrow V_b = \frac{V_E}{2} \Longrightarrow pH = pKa$$

أ- معايرة حمض قوي بأساس قوي:

– معادلة التفاعل: $H_3O^+{}_{aq} + OH^-{}_{aq} = 2H_2O$

–ثابت التوازن : $K = \frac{1}{[OH^-]\times[H_3O^+]} = \frac{1}{Ke}$.

– نسبة التقدم النهائي عند إضافة حجم $V_b < V_E$: $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{C_aV_a-[H_3O^+]V_T}{C_bV_b} = \frac{C_aV_a-10^{-pH}V_T}{C_bV_b}$

ب- معايرة حمض ضعيف بأساس قوي:

- معادلة التفاعل: $HA_{(aq)} + HO^- = A^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
- جدول التقدم :

$HA_{(aq)}$ +	HO^- =	$A^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$	
C_aV_a	C_bV_b	0	بوفرة
$C_aV_a - x_f$	$C_bV_b - x_f$	x_f	بوفرة

- نسبة التقدم النهائي عند إضافة حجم $V_b < V_E$: $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}}$

المتفاعل المحد هو HO^- : $C_bV_b - x_{max} = 0 \Longrightarrow x_{max} = C_bV_b$

التقدم النهائي: $[HO^-] = \frac{C_bV_b-x_f}{V_T} \Longrightarrow x_f = C_bV_b - [HO^-]V_T = C_bV_b - 10^{pH-14}V_T$

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{C_bV_b - 10^{pH-14}V_T}{C_bV_b}$$

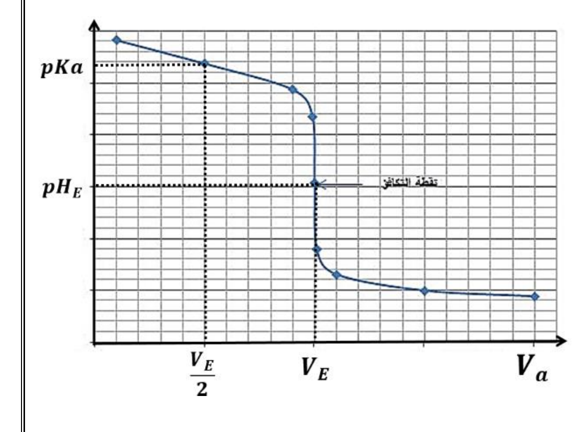
- ثابت التوازن:

$$K = \frac{[A^-]}{[HA]\times[OH^-]} = \frac{[A^-]\times[H_3O^+]}{[HA]\times[OH^-]\times[H_3O^+]} = \frac{Ka}{Ke}$$

ب- معايرة أساس ضعيف بحمض قوي:

- معادلة التفاعل: $B_{(aq)} + H_3O^+ = BH^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

$B_{(aq)}$ +	H_3O^+ =	$BH^+{}_{(aq)}$ +	$H_2O_{(l)}$
C_bV_b	C_aV_a	0	بوفرة
$C_bV_b - x_f$	$C_aV_a - x_f$	x_f	بوفرة



نسبة التقدم النهائي عند إضافة حجم $V_b < V_E$: $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}}$

– المتفاعل المحد هو H_3O^+ : $C_aV_a - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C_aV_a$

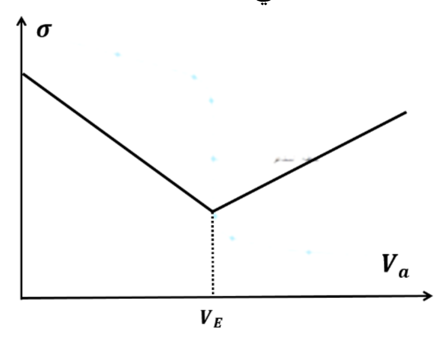
– التقدم النهائي: $[H_3O^+] = \frac{C_aV_a - x_f}{V_T} \Rightarrow x_f = C_aV_a - [H_3O^+]V_T = C_aV_a - 10^{-pH}V_T$

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{C_aV_a - 10^{-pH}V_T}{C_aV_a}$$

- ثابت التوازن:

$$K = \frac{[BH^+]}{[H] \times [[H_3O^+]]} = \frac{1}{Ka}$$

- **يمكن استعمال الناقلية** لاستخراج نقطة التكافؤ كما في الشكل:



تحضير المحاليل:

أ- تحضير محلول مخفف من محلول مركز:

- نأخذ الحجم V_0 بواسطة ماصة مناسبة نسكبه في بيشر او حوجلة عيارية .
- نظيف الماء المقطر مع الرج الى الحجم العياري.

ب- تحضير محلول تركيزه c وحجمه V من مادة صلبة نقية :

- نقوم بحساب كتلة العينة الواجب اخذها بالعلاقة : $m = c\,VM$.
- نضع العينة في جفنة ونزنها بميزان الكتروني حساس.
- نضع العينة في حوجلة ونظيف اليها الماء مع الرج حتى نصل الى الحجم V .

ج- تحضير محلول تركيزه c وحجمه V من مادة صلبة غير نقية درجة نقاوتها P :

- نقوم بحساب كتلة العينة الواجب اخذها ثم نضعها في جفنة ونزنها بميزان الكتروني حساس .
- نضع العينة في حوجلة ونظيف اليها الماء مع الرج حتى نصل الى الحجم V .

د- تحضير محلول تركيزه c وحجمه V من محلول تجاري:

- نقوم بحساب V_0 الحجم الواجب أخذه .
- اخذ هذا الحجم بواسطة ماصة مزودة بإجاصة مص .
- نفرغ الماصة في حوجلة ونظيف اليها الماء المقطر مع الرج حتى نحصل على الحجم V.

- **نحسب الحجم V_0 باستعمال قانون التمديد او معامل التمديد.**
- **المحلول التجاري يحسب تركيزه باستعمال العلاقة :** $C = \frac{10\,.P.d}{M}$

التمرين 1: بكالوريا علوم تجريبية 2008

أ – ننمذج التحوّل الكيميائي المحدود لحمض الايثانويك (حمض الخل) مع الماء بتفاعل كيميائي معادلته.

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+$$

1- أعط تعريفا للحمض وفق نظرية برونستد.

2- اكتب الثنائيتين$(acide/base)$ الداخلتين في التفاعل الحاصل.

3- اكتب عبارة ثابت التوازن K الموافق للتفاعل الكيميائي السابق.

أأ – نحضر محلولا مائيا لحمض الايثانويك حجمه $V = 100mL$، وتركيزه المولي$C = 2.7 \times 10^{-3}\ mol/L$ ، وقيمة الـ pH له في الدرجة 25°C تساوي 3,7.

1- استنتج التركيز المولي النهائي لشوارد الهيدرونيوم في محلول حمض الايثانويك.

2- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل، ثم احسب كلا من التقدم النهائي x_f والتقدم الأعظمي x_{max} .

3- احسب قيمة النسبة النهائية τ_f لتقدم التفاعل. ماذا تستنتج؟

4- احسب: أ – التركيز المولي النهائي لكل من $[CH_3COO^-]_f$ و $[CH_3COOH]_f$.

ب – قيمة pKa للثنائية (CH_3COOH/CH_3COO^-)، واستنتج النوع الكيميائي المتغلب، برر اجابتك.

التمرين 2: بكالوريا رياضيات2011

محلول مائي S_0 لحمض الإيثانويك CH_3COOH، حجمه V_0 وتركيزه المولي $C_0 = 0.01mol/l$.

1 – اكتب معادلة التفاعل المنمذجة لانحلال حمض الإيثانويك في الماء.

2 – أنشئ جدولا لتقدم التفاعل. نرمز بـ $x_{éq}$ إلى تقدم التفاعل عند التوازن.

3 – اكتب عبارة كل من :

أ – نسبة التقدم النهائي τ_f بدلالة C_0 و $[H_3O^+]_f$.

ب – كسر التفاعل عند التوازن، وبيّن أنه يمكن كتابته على الشكل: $Q_{r.éq} = \frac{[H_3O^+]^2_{éq}}{C_0-[H_3O^+]_{éq}}$.

ج – الناقلية النوعية $\sigma_{éq}$ عند التوازن بدلالة $\lambda_{H_3O^+}$ ، $\lambda_{CH_3COO^-}$ و $[H_3O^+]_{éq}$. (نهمل $[HO^-]_{éq}$).

4 – أ – باستخدام العلاقات المستنتجة سابقا، أكمل الجدوّل الموالي:

علما أن $\lambda_{H_3O^+} = 35.9\ mS.m^2.mol^{-1}$ ، $\lambda_{CH_3COO^-} = 3.6mS.m^2.mol^{-1}$

المحلول	$c(mol.L^{-1})$	$\sigma_{eq}(S.m^{-1})$	$[H_3O^+_{(aq)}]_{eq}(mol.L^{-1})$	$\tau_f(\%)$	$Q_{r,eq}$
S_0	$1,0\times10^{-2}$	0,016			
S_1	$5,0\times10^{-2}$	0,036			

ب – استنتج تأثير التركيز المولي للمحلول على كل من :

- نسبة التقدم النهائي τ_f.　　　- كسر التفاعل عند التوازن $Q_{r.éq}$.

التمرين 3: بكالوريا رياضيات 2008

أ – نأخذ محلولا مائيا (S_1) لحمض البنزويك C_6H_5COOH تركيزه المولي$C_1 = 10^{-2}\ mol/L$ ، نقيس عند التوازن في الدرجة 25°C ناقليته النوعية فنجدها $\sigma = 0,86 \times 10^{-2} S/m$.

1 – اكتب معادلة التفاعل المنمذج لتحول حمض البنزويك في الماء.

2 – أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.

3 – احسب التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في المحلول (S_1)عند التوازن.

تعطى الناقلية المولية للشوارد: $\lambda_{H_3O^+} = 35.0\ mS.m^2.mol^{-1}$ ، $\lambda_{C_6H_5-COO^-} = 4\ mS.m^2.mol^{-1}$

4 – أوجد النسبة النهائية τ_{1f} لتقدم التفاعل. ماذا تستنتج؟

5 – أحسب ثابت التوازن الكيميائي k_1.

İİ – نعتبر محلولا مائيا (S_2) لحمض الساليسيليك نرمز له HA تركيزه المولي $C_2 = C_1$ وله $pH = 3,2$ في الدرجة $25°C$.

1 – أوجد النسبة النهائية τ_{2f} لتقدم تفاعل حمض الساليسيليك مع الماء.

2 – قارن بين τ_{1f} و τ_{2f} . استنتج أي الحمضين أقوى.

التمرين 4: بكالوريا رياضيات 2012:

نحضر محلولا مائيا S_1 حجمه $V = 200ml$ لحمض البنزويك C_6H_5COOH بتركيز مولي $C_1 = 10^{-2}\ mol/l$ ثم نقيس الـــ pH له فنجده $pH_1 = 3.1$.

1- اكتب معادلة تفاعل حمض البنزويك مع الماء .

2- أنشئ جدولا لتقدم هذا التفاعل .

3- احسب نسبة التقدم لهذا التفاعل τ_{1_f} لهذا التفاعل , ماذا تستنتج ؟

4- اكتب عبارة ثابت الحموضة K_{a_1} للثنائية $C_6H_5COOH/C_6H_5OO^-$.

5- أثبت أن K_{a_1} يعطى بالعلاقة $K_{a_1} = C_1\frac{{\tau_{1_f}}^2}{1-\tau_{1_f}}$, ثم احسب قيمته .

6- نأخذ حجما $20ml$ من المحلول S_1 ونمدده عشر مرات بالماء فنحصل على محلول S_1' لحمض البنزويك بتركيز مولي ${C'}_1$, ثم نقيس الـــ pH لهذا المحلول فنجده ${pH'}_1 = 3.6$.

أ- أثبت ان ${C'}_1 = 1 \times 10^{-3}\ mol/l$

ب- احسب القيمة الجديدة لنسبة التقدم النهائي τ_{2_f} لتفاعل حمض البنزويك مع الماء .

ج- ما هو تأثير تحفيف المحاليل على نسبة التقدم النهائي ؟

التمرين 5: بكالوريا 2016 شعبة رياضيات

تحتوي قارورة على محلول S_0 احمض عضوي HA تركيزه المولي C_0 .

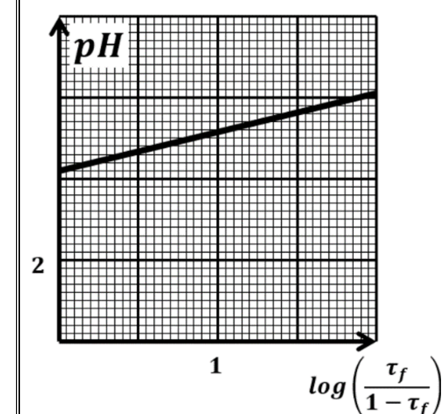
1- أ– اكتب معادلة انحلال الحمض HA في الماء.

ب – أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل.

جـــ – اكتب عبارة النسبة النهائية τ_f لتقدم التفاعل بدلالة pH المحلول و C_0 .

د – بين أن pH المحلول S_0 يعطى بالعبارة التالية: $pH = pKa + \log\left(\frac{\tau_f}{1-\tau_f}\right)$

2- لغرض تحديد التركيز المولي C_0 لهذا الحمض والتعرف على صيغته ، نحضر مجموعة من المحاليل ممددة ومختلفة التراكيز المولية انطلاقا من المحلول S_0 . قياس الــpH لكل محلول سمح برسم بيان الدالة $pH = f\left(log\left(\frac{\tau_f}{1-\tau_f}\right)\right)$



أ- اكتب عبارة الدالة الموافقة للمنحنى البياني.

ب- استنتج ثابت الحموضة Ka للثنائية (HA/A^-) .

ج- حدد النوع الكيميائي الغالب في محلول للحمض HA من اجل $\tau_f = 0.4$.

د- أعطى قياس لاحد المحاليل الممددة بـــ 160 مرة القيمة $pH = 4.2$ ، احسب التركيز المولي C_0 .

ه- يبين الجدول التالي قيم الثابت pKa لبعض الثنائيات (HA/A^-) . تعرف على الحمض HA الموجود في القارورة .

HA/A^-	CH_3COOH/CH_3COO^-	$HCOOH/HCOO^-$	$C_6H_6COOH/C_6H_5COO^-$
pKa	4.8	3.8	4.2

التمرين 6**: بكالوريا رياضيات** 2010

بغرض تحضير محلول(S_1) لغاز النشادر NH_3، نحل $1{,}2\ L$ منه في $500\ ml$ من الماء المقطر.

1 – أ – احسب التركيز المولي C_1 للمحلول(S_1)، علما أن الحجم المولي في شروط التجربة $V_M = 24\ L/mol$.

ب – أكتب المعادلة الكيميائية للتفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحاصل .

2 – إن قياس pH المحلول (S_1) في الدرجة $25°C$ أعطى القيمة 11,1.

أ – أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.

ب – احسب نسبة التقدم النهائي τ_{1f}. ماذا تستنتج ؟

3 – كلف الأستاذ في حصة الأعمال المخبرية فوج من التلاميذ لتحضير محلولا (S_2) حجمه $V = 50\ ml$ وتركيزه المولي $C_b = 2 \times 10^{-2} mol/l$ انطلاقا من المحلول (S_1).

أ – ما هي الخطوات العملية المتبعة لتحضير المحلول (S_2)؟

ب – إن قيمة pH المحلول (S_2) المحضر تساوي 10,8. احسب قيمة نسبة التقدم النهائيτ_{2f} للتفاعل.

ج – ما تأثير الحالة الابتدائية للجملة على نسبة التقدم النهائي للتفاعل ؟

4 – احسب قيمة ثابت الحموضة ka للثنائية $(NH_4^+(aq)/NH_3(aq))$.

التمرين 7 **:**

أ- نحضر محلولا (S_1) لغاز النشادرNH_3 تركيزه المولي $C = 0.02\ mol/l$ وحجمه $V = 100ml$ نقيس الناقلية النوعية له فنجدها : $\sigma = 15.3 mS.m^{-1}$.

1- اكتب معادلة انحلال غاز النشادر في الماء.

2- انشئ جدولا لتقدم التفاعل الحادث , ثم احسب تراكيز الافراد المتواجدة في المحلول .

3- احسب نسبة التقدم النهائي τ_f . ماذا تستنتج؟

4- جد قيمة ثابت التوازن k لهذا التفاعل ثم استنتج قيمة الــ pka للثنائية $(NH_4{}^+/NH_3)$.

ب- نحضر محلولا (S_2) حجمه $V_2 = 200ml$ انطلاقا من المحلول(S_1) بتمديده 20 مرة .

1- احسب C_2 تركيز المحلول (S_2).

2- بين أن نسبة التقدم النهائي τ_{2f} تعطى بالعبارة: $\tau_{2f} = \frac{1}{1+10^{pH-pKa}}$ ثم احسب قيمتها علما ان $pH = 10.08$.

3- هل يؤثر تخفيف المحلول على نسبة التقدم؟

معطيات: $\lambda_{OH^-} = 19.9\ mS.m^2/mol$, $\lambda_{NH_4{}^+} = 7.34\ mS.m^2/mol$, $Ke = 10^{-14}$.

التمرين 8**: بكالوريا علوم تجريبية** 2016

كل القياسات مأخوذة في الدرجة $25°C$ وتعطى $M(C_6H_5COOH) = 122 g/mol$.

1- حمض البنزويك جسم صلب ابيض اللون يستعمل كحافظ للمواد الغذائية صيغته C_6H_5COOH أساسه المرافق شاردة البنزوات $C_6H_5OO^-$. نحضر منه محلولا مائيا (S_1) حجمه $V_1 = 50mL$ ، تركيزه المولي $C_1 = 0.01\ mol/L$ انطلاقا من محلول تجاري ذي التركيز المولي $C_0 = 0.025\ mol/L$.

أ- ما هو حجم المحلول التجاري V_0 الواجب استعماله للتحضير؟

ب- اكتب البروتوكول التجريبي لتحضير المحلول (S_1) مبينا الزجاجيات المستعملة من بين ما يلي:

- حوجلات عيارية $(50mL\ ,\ 100mL\ ,\ 500mL)$.
- ماصات عيارية $(5mL\ ,\ 10mL\ ,\ 20mL)$.

ج – ماذا يعني مصطلح عيارية المقترن بالماصات والحوجلات المذكورة في السؤال 1– أ .

2- إن قياس pH المحلول (S_1) اعطى القيمة 3.12 .

أ- اكتب معادلة تشرد حمض البنزويك في الماء موضحا الثنائيتين أساس/ حمض المشاركتين في ذا التحول.

ب- احسب كسر التفاعل النهائي Q_{rf} .

3- نسكب $10mL$ من المحلول (S_1) في بيشر ونضع هذا الأخير فوق مخلاط مغناطيسي ونضيف له كل مرة حجما من الماء المقطر ثم نقيس pH المحلول الناتج فنحصل على النتائج المدونة في الجدول التالي:

حجم الماء المضاف $V_{H_2O}(mL)$	0	10	40
$C(mol/L)$			
pH	3.12	3.28	3.49
τ_f			

أ- ما الفائدة من استعمال المخلاط المغناطيسي في هذه العملية ؟

ب – أكمل الجدول أعلاه واستنتج تأثير إضافة الماء للمحاليل الحمضية على c و τ_f .

التمرين 9**: بكالوريا تقني رياضي** 2013

1- نحضر محلولا مائيا S_1 لحمض الإيثانويك CH_3COOH وذلك بانحلال كتلة : $m = 0.72g$ من حمض الإيثانويك النقي في $800ml$ من الماء المقطر , في درجة الحرارة 25°C كانت قيمة الـــــpH له 3.3 .

أ- احسب C_1 التركيز المولي للمحلول S_1 .

ب- اكتب المعادلة المنمذجة لتفاعل حمض الإيثانويك مع الماء .

ج- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل .

د- عبر عن التقدم x_{eq} عند التوازن بدلالة : pH و V . حيث : V حجم المحلول S_1 .

ه- بين أن قيمة الــpKa للثنائية : $CH_3COOH(aq)/CH_3COO^-(aq)$ هي : 4.76 .

2- نمزج حجما V_1 من المحلول S_1 كمية مادته n_0 مع حجم V_2 من محلول النشادر له نفس كمية المادة n_0 .

أ- اكتب معادلة التفاعل الحادث بين : CH_3COOH و NH_3 .

ب- احسب ثابت التوازن K .

ج- بين أن النسبة النهائية τ_{eq} لتقدم التفاعل يمكن كتابتها على الشكل : $\tau_{eq} = \frac{\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}}$.

د- احسب τ_{eq} ماذا تستنتج ؟

$$M(C) = 12\,g/mol \quad , \quad M(H) = 1\,g/mol \quad , \quad M(O) = 16\,g/mol \quad , \quad pKa({NH_4}^+/NH_3) = 9.2$$

التمرين 10**:**

محلول(S_0) للمثيل أمين CH_3NH_2 تركيزه المولي $C = 0.01\,mol/l$ وحجمه $V = 100\,ml$ ، نقيس الـــ pH نجدها 11,3 .

1- اكتب معادلة تفاعل المثيل امين مع الماء محددا الثنائيات (أساس/حمض) .

2- أنجز جدولا لتقدم هذا التفاعل.

3- احسب نسبة التقدم النهائيτ_f وماذا تستنتج؟

4- بين ان قيمة الـــ pKa للثنائية ${CH_3NH_3}^+/CH_3NH_2$ هي $pka = 10.6$.

5- نحقق مزيج متساوي المولات يتكون من المثيل امين CH_3NH_2 وكربونات الصوديوم $(Na^+ + HCO_3^-)$ ،حيث كمية المادة لكل متفاعل هي: $n = CV$. معادلة التفاعل الحادث تنمذج كالآتي :

$$CH_3NH_{2(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)} = CH_3NH_3{}^+{}_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)}$$

أ- بين ان التفاعل الحادث هو تفاعل حمض – أساس .

ب- أنجز جدولا لتقدم التفاعل ثم احسب التقدم الاعظمي .

جـــ – احسب k ثابت التوازن لهذا التفاعل علما أن $pka(HCO_3^-/CO_3^{2-}) = 10.3$

د – بين أن ثابت التوازن لهذا التفاعل يعطى بالعبارة : $k = \frac{(x_f)^2}{(CV-x_f)^2}$ ، ثم احسب قيمة التقدم النهائي x_f .

ه– احسب نسبة التقدم النهائي $\tau`_f$ لهذا التفاعل وماذا تستنتج؟

و– ما هي قيمة الـــ pH للمزيج التفاعلي؟

التمرين 11: تمرين مدمج

حمض الازوتيد HNO_2 وهو حمض احادي يتواجد فقط على شكل محلول وهو ذو لون ازرق فاتح، وهو غير مستقر يتفكك ببطء الى محلول حمض الازوت وينطلق غاز احادي أكسيد الازوت. نحضر منه محلولا (S_0) تركيزه المولي $C_0 = 0.625 mol/L$.

I. تفاعل حمض الازوتيد مع الماء:

انطلاقا من المحلول (S_0) نحضر محلولا ممددا (S) لحمض الازوتيد تركيزه المولي C نقيس الـــ pH له مباشرة بعد التحضير نجدها $pH = 2.8$. المخطط يمثل النسبة المئوية للحمض والاساس المرافق له.

1- ما هي الخطوات المتبعة لقياس pH باستعمال جهاز الـــ pH متر.

2- اكتب معادلة انحلال حمض الازوتيد في الماء.

3- انجز جدولا لتقدم تفاعل حمض الازوتيد مع الماء.

4- ما هو المنحنى الممثل للصفة الحمضية والصفة الأساسية مع التبرير

5- استنتج قيمة الـــ pKa للثنائية (HNO_2/NO_2^-) .

6- احسب C تركيز محلول حمض الازوتيد في المحلول(S) ثم استنتج معامل التمديد.

7- بحساب قيمة τ_f تأكد أن انحلال حمض الازوتيد في الماء غير تام.

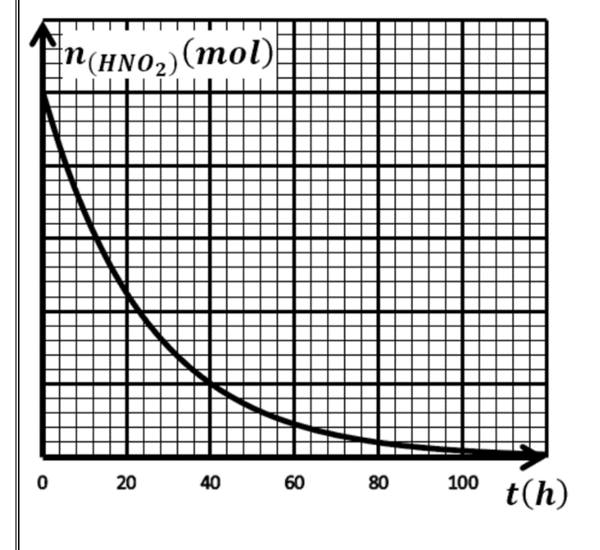


II. دراسة تفكك حمض الازوتيد:

يتفكك حمض الازوتيد ببطء الى حمض الازوت وغاز احادي الازوت وفق المعادلة التالية:

$$3HNO_{2(aq)} = 2NO_{(g)} + H_3O^+{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

نأخذ حجما $V = 800mL$ من المحلول (S_0) نضعها في حوجلة ثم نقوم بتسخينها، المتابعة الزمنية لتفكك الحمض مكنت من الحصول على البيان الذي يعطي تغيرات كمية مادة حمض الازوتيد بدلالة الزمن.



1- البيان ينقصه سلم الرسم عينه.

2- انجز جدولا لتقدم التفاعل الحاصل ثم احسب قيمة التقدم الاعظمي.

3- عرف زمن نصف التفاعل ثم حدد قيمته.

4- بين ان عبارة السرعة الحجمية للتفاعل هي: $v = -\frac{1}{3V} \times \frac{dn_{(HNO_2)}}{dt}$ ثم احسب قيمتها عند اللحظتين $t = 20h$ و $t = 60h$.

- كيف تتطور السرعة مع الزمن؟ ما هو العامل الحركي المراد ابرازه؟

5- بين أنه عندما يكون $[HNO_2] = [NO_3^-]$ فإن قيمة تقدم التفاعل هي $x = \frac{n_0}{4}$ حيث n_0 عدد مولا حمض الازوتيد الابتدائية.

- حدد اللحظة التي يتحقق فيها تساوي التراكيز:$[HNO_2] = [NO_3^-]$.

التمرين 12**: بكالوريا رياضيات** 2010

نحضر محلولا (S) لحمض الإيثانويك CH_3COOH لهذا الغرض نحل كتلة m في حجم قدره $100\ ml$ من الماء المقطر.

نقيس pH المحلول (S) بواسطة مقياس الـــ pH متر عند الدرجة 25°C فكانت قيمته 3,4.

1 – اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث.

2 – أ/ أنشئ جدولا لتقدم التفاعل الكيميائي. ب/ أوجد قيمة التقدم النهائي x_f .

ج/ إذا علمت أن نسبة التقدم النهائي$\tau_f = 0.039$ بين أن قيمة التركيز المولي$C = 0.01\,mol/L$. ثمّ استنتج m قيمة الكتلة المنحلة في المحلول (S).

3 – احسب كسر التفاعل الابتدائيQ_{ri} وكسر التفاعل عند التوازنQ_{rf} ما هي جهة تطور الجملة الكيميائية؟

4 – بهدف التأكد من قيمة التركيز المولي C للمحلول (S)، نعاير حجما $V_a = 10mL$ منه بواسطة محلول أساسي هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + \mathrm{HO}^-)$ تركيزه المولي $C_b = 4 \times 10^{-3} mol/l$ فيحدث التكافؤ عند إضافة $V_{bE} = 25mL$.

أ/ اذكر البروتوكول التجريبي لهذه المعايرة.

ب/ اكتب معادلة التفاعل المنمذج لهذا التحوّل.

ج/ احسب قيمة التركيز المولي C للمحلول (S). قارنها مع القيمة المعطاة سابقا.

د/ ما هي قيمة pH المزيج لحظة إضافة $12{,}5\ ml$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم؟

$pKa(CH_3COOH/CH_3COO^-) = 4{,}8$ ، $M(O) = 16g/mol$ ، $M(C) = 12g/mol$ ، $M(H) = 1g/mol$

التمرين 13**: بكالوريا علوم تجريبية** 2016

المحاليل مأخوذة عند 25°C .

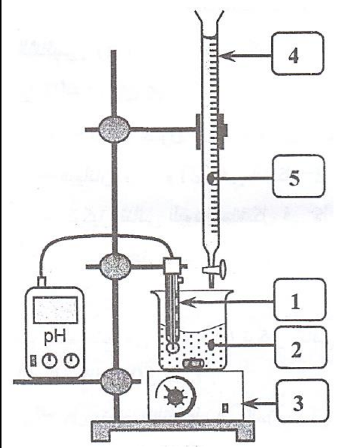
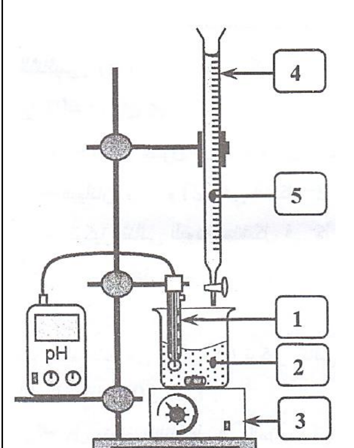
لإزالة الطبقة الكلسية على جدران أدوات الطهي المنزلية يمكن استعمال منظف تجاري لمسحوك حمض السولفاميك القوي ذي الصيغة الكيميائية HSO_3NH_2 والذي نرمز له اختصارا HA ونقاوته $(P\%)$.

1- للحصول على المحلول (S_A) لحمض السولفاميك ذي التركيز المولي C_A ، نحضر محلولا حجمه $V = 100mL$ ويحتوي الكتلة $m = 0.9\mathrm{g}$ من المسحوق التجاري لحمض السولفاميك.

أ- اكتب معادلة انحلال الحمض في الماء.

ب- صف البروتوكول التجريبي المناسب لعملية تحضير المحلول (S_A) .

2- لمعايرة المحلول (S_A) نأخذ منه حجما $V_A = 20mL$ ونظيف له $80mL$ من الماء المقطر، وباستعمال التركيب التجريبي المبين في الشكل نعايره بواسطة $(Na^+ + \mathrm{HO}^-)$ ذي التركيز المولي $C_b = 0.1\,mol/L$. نبلغ نقطة التكافؤ عند إضافة الحجم $V_{bE} = 15.3mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم ويكون $pH_E = 7$.

أ- تعرف على أسماء العناصر المرقمة في الشكل.

ب- اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

ج- احسب التركيز المولي C_A للمحلول (S_A) ثم استنتج الكتلة m_A للحمض HA المذابة في هذا المحلول.

د- احسب النقاوة $(P\%)$ للمنظف التجاري.

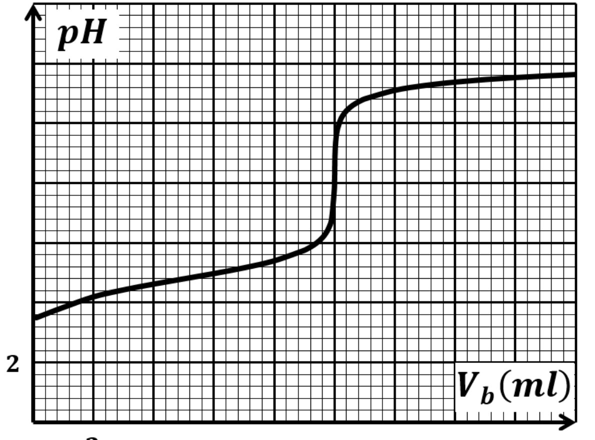
تعطى الكتلة المولية للحمض HA : $M = 97g/mol$

تمرين 14: بكالوريا 2016 شعبة رياضيات بتصرف

المحاليل مأخوذة عند الدرجة 25°C ، يعطى $K_e = 10^{-14}$

أثناء عملية تنظيم محتويات مخبر ثانوية، عثر التلاميذ على قارورات لمحاليل أحماض عضوية أتلفت بطاقتها المحددة للاسم والصيغة والتركيز المولي C_a للحمض HA . للتعرف على احداها، قام التلاميذ بمعايرة الحجم $V_a = 20mL$ من محلول أحد هذه الاحماض بمحلول مائي لهيدروكسيد البوتاسيوم $(K^+ + HO^-)$ تركيزه المولي $C_b = 0.02\,mol/L$. باستعمال لاقط pH متر وواجهة دخول موصولة بجهاز اعلام الي مزود ببرمجية مناسبة تحصلنا على المنحنى البياني $pH = f(V_b)$ حيث V_b حجم الأساس المضاف اثناء


المعايرة .



1- اعط المفهوم الكيميائي لنقطة التكافؤ.

2- عين احداثيات نقطة التكافؤ واستنتج التركيز المولي C_a للحمض المعاير.

3- عين بيانيا pKa الثنائية (HA/A^-) ثم تعرف على الحمض المعاير .

الثنائية (HA/A^-)	pKa
CH_3COOH/CH_3COO^-	4,8
$HCOOH/HCOO^-$	3,8
$C_6H_6COOH/C_6H_5COO^-$	4,2

4- اعتمادا على البيان بين دون حساب ان الحمض HA ضعيف.

5- أ- اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث اثناء المعايرة.

ب – احسب ثابت التوازن K لهذا التفاعل.

ج- عند إضافة حجم $V_b = 5mL$ احسب τ_f لتفاعل المعايرة وماذا تستنتج؟

6- ما هو الكاشف الملون المناسب لهذه المعايرة؟

الكاشف	مجال التغير اللوني
ازرق البروموتيمول	6.2−7.6
الفينول فتالين	8.2−10.0
أحمر المثيل	4.2−6.2

التمرين 15: بكالوريا 2017 شعبة تقني رياضي دورة استثنائية

جميع المحاليل مأخوذة عند 25°C و $Ke = 10^{-14}$.

نعاير على التوالي حجما $V_1 = 30mL$ لمحلول حمض كلور الهيدروجين ذي التركيز المولي C_1 ، ثم حجما $V_2 = 20mL$ من محلول حمض الميثانويك $HCOOH$ تركيزه المولي C_2 ، بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)$ تركيزه المولي $C_b = 0.1\,mol/l$. نتابع تطور pH الوسط التفاعلي بواسطة الــ pH متر بدلالة حجم الأساس V_b المضاف من السحاحة فتحصلنا على البيانين (1) و (2) في الشكل.

1) ضع بروتوكولا تجريبيا للمعايرة باستعمال رسم تخطيطي.

2) اكتب معادلة تفاعل المعايرة لكل حمض.

3) حدد احداثيات نقطة التكافؤ لكل منحنى ثم انسب كل منحنى للحمض الموافق له مع التعليل.

4) استنتج قيمة كل من C_1 و C_2 .

5) حدد ثابت الحموضة pKa للثنائية $(HCOOH/HCOO^-)$.

6) احسب ثابت التوازن K لتفاعل معايرة حمض الميثانويك وماذا تستنتج؟

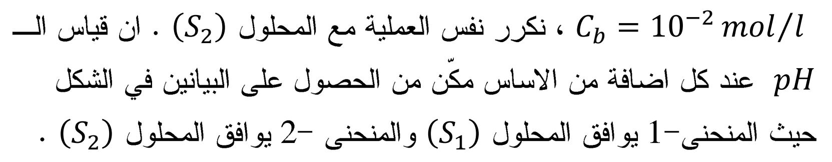
7) نريد استعمال كاشفا ملونا في كل معايرة ، ما هو الكاشف المناسب لكل معايرة من بين الكواشف التالية.

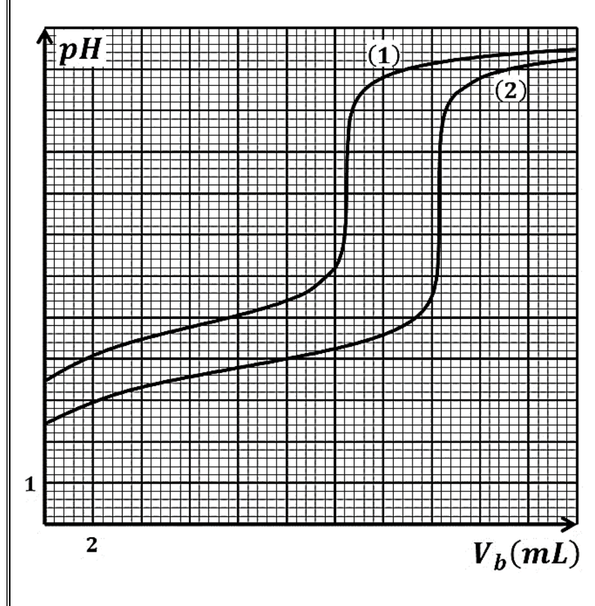
الكاشف الملون	مجال التغير اللوني
الهليانتين	3,1 - 4,4
ازرق البروموتيمول	6,2 - 7,6
فينول فتالين	8,0 - 10,0

التمرين 16:

يوجد في مخبر ثانوية قارورتين لحمضي الايثانويك والميثانويك، لاحظنا ان كتابة لاصقتي القارورتين غير واضحة. نسمي الحمض الموجود في القارورة الاولى بـــ $RCOOH$ والقارورة الثانية بـــ $R'COOH$ حيث R و R' جذرين الكيليين. عند درجة الحرارة 25°C نأخذ من كل قارورة كتلة قدرها $m = 0.6g$ ونضع كل حمض في حوجلة عيارية ونكمل بالماء المقطر حتى نحصل على محلولين: (S_1) يوافق الحمض في القارورة الاولى $RCOOH$ و(S_2) يوافق الحمض في القارورة الثانية $R'COOH$ ، حجم كل محلول هو $V = 800mL$.

نأخذ من المحلول (S_1) حجما $V_1 = 10mL$ ونعايره بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)$ تركيزه المولي


$C_b = 10^{-2}\,mol/l$ ، نكرر نفس العملية مع المحلول (S_2) . ان قياس الـــ pH عند كل اضافة من الاساس مكّن من الحصول على البيانين في الشكل حيث المنحنى−1 يوافق المحلول (S_1) والمنحنى −2 يوافق المحلول (S_2) .



1- اكتب معادلة تفاعل المعايرة لاحد الحمضين.

2- عين بيانيا احداثيات نقطة التكافؤ لكل محلول.

3- احسب كلا من C_1 تركيز المحلول (S_1) و C_2 تركيز المحلول(S_2).

4- الصيغة العامة للأحماض من الشكل: $C_nH_{2n+1}COOH$ ، استنتج الحمض الموجود في كل قارورة.

5- عين بيانيا الـــ pKa لكل حمض وأيهما اقوى؟

6- أ− اكتب معادلة تفاعل الحمض الاول $RCOOH$ مع الماء.

ب − عين pH المحلول (S_1) قبل المعايرة.

جـــ − انشئ جدولا لتقدم التفاعل.

د− احسب τ_f وماذا تستنتج.

$H = 1\,g/mol \qquad O = 16\,g/mol \qquad C = 12\,g/mol$

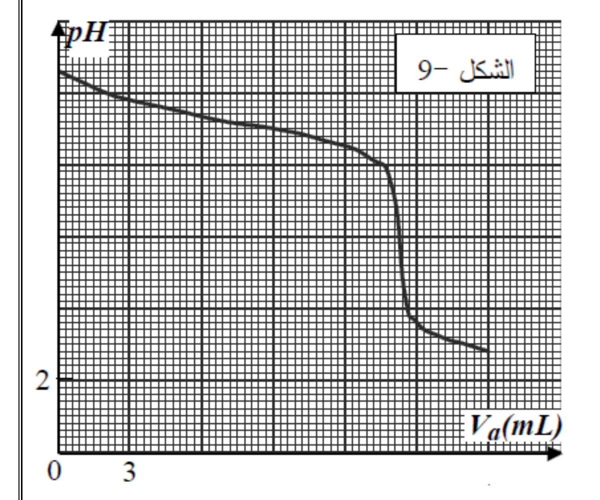
التمرين 17: بكالوريا رياضات 2014

نريد تحديد تجريبيا التركيز المولي C_b لمحلول مائي (S) للنشادر NH_3 عن طريق المعايرة الـــ pH مترية، لذلك نعاير حجما $V_b = 20mL$ من المحلول (S) بواسطة حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)$ تركيزه المولي $C_a = 0.015mol/L$

1−أ− أعط البروتوكول التجريبي لهذه المعايرة مع رسم تخطيطي للتجهيز المستعمل.

ب− أنجز جدول تقدم التفاعل الذي ينمذج التحول الكيميائي الحادث بين محلول النشادر وحمض كلور الماء .

2− النتائج المحصل عليها عند 25°C سمحت برسم البيان (الشكل−09) بالاعتماد على البيان جد:



أ- إحداثيتي نقطة التكافؤ .

ب- التركيز المولي الابتدائي C_b.

ج− قيمة الـــ pKa للثنائية NH_4^+/NH_3.

3−أحسب قيمة ثابت التوازن K لهذا التفاعل .

4−عند إضافة حجم $V_a = 9mL$ من المحلول الحمضي:

أ- احسب النسبة $\frac{[NH_3]_f}{[NH_4^+]_f}$ للمزيج التفاعلي النهائي .

ب- عبر عن النسبة السابقة بدلالة C_b و V_b والتقدم النهائي x_f.

ج− احسب قيمة نسبة التقدم النهائي τ_f لتفاعل المعايرة عند الإضافة السابقة. ماذا تستنتج ؟

التمرين 18: بكالوريا رياضات 2011

عيّنة مخبرية S_0 لمحلول هيدروكسيد الصوديوم تحمل المعلومات التالية: %27 و $d = 1,3$.

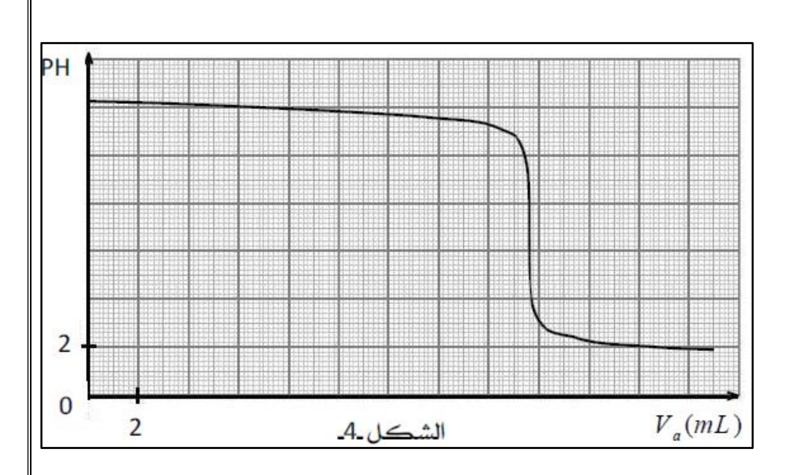
1 – أ – بيّن بالحساب أن التركيز المولي للمحلول يقارب $C_0 = 8,8\ mol/l$.

ب – ما هو حجم محلول حمض كلور الهيدروجين الذي تركيزه المولي $C_a = 0,1\ mol/l$ اللازم لمعايرة $V_0 = 10\ ml$ من العيّنة المخبرية السابقة؟

ج – هل يمكن تحقيق هذه المعايرة بسهولة؟ علّل.

2 – نحضر محلولا S بتمديد العيّنة المخبرية 50 مرة. صف البروتوكول التجريبي الذي يسمح بتحضير $500\ ml$ من المحلول S.

3 – نأخذ بواسطة ماصة حجما $V_b = 10\ ml$ من المحلول S. نضعها في بيشر، نضع مسبار جهاز الـــ pH متر في البيشر ونضيف إليه كمية مناسبة من الماء المقطر تجعل المسبار مغمورا بشكل ملائم. نقيس قيمة الـــ pH، بعدها نسكب بواسطة سحاحة حجما من المحلول الحمضي ثمّ نعيد قياس الـــ pH نكرر العملية، ونرسم البيان.



الشكل-4-

أ – كيف نضع مسبار الـــ pH – متر حتى يكون مغمورا بشكل ملائم في البيشر؟ لماذا؟

ب – اكتب المعادلة المنمذجة للتحوّل الحادث أثناء المعايرة.

ج – عيّن الإحداثيتين $(V_{aE}\ ; PH_E)$ لنقطة التكافؤ E مع ذكر الطريقة المتبعة.

د – احسب التركيز المولي للمحلول S ثمّ استنتج التركيز المولي للعينة المخبرية.

$H = 1g/mol$ ، $Na = 23g/mol$ ، $O = 16g/mol$

التمرين 19: بكالوريا علوم 2013

نحضر محلولا مائيا S لحمض الإيثانويك CH_3COOH حجمه V , تركيزه $C = 10^{-2}\ mol/l$. نقيس الناقلية الكهربائية النوعية σ للمحلول S في درجة الحرارة 25°C فكانت : $\sigma = 16ms.m^{-1}$.

1- اكتب معادلة التفاعل المنمذجة لانحلال حمض الإيثانويك في الماء.

2- جد عبارة $[H_3O^+]$ في المحلول S بدلالة σ و $\lambda_{CH_3COO^-}$ و $\lambda_{H_3O^+}$ حيث : λ الناقلية النوعية المولية الشاردية , ثم احسبه .

3- بين ان قيمة الـــ pH للمحلول هي 3.4.

4- نعاير حجما V_a من المحلول السابق S بواسطة محلول هيدروكسيد البوتاسيوم $(K^+{}_{aq} + OH^-{}_{aq})$ تركيزه المولي $C_b = 2 \times 10^{-3}\ mol/l$. قبل عملية المعايرة , كانت النسبة : $\frac{[CH_3COO^-(aq)]}{[CH_3COOH(aq)]} = 41.43 \times 10^{-3}$ وأثناء المعايرة عند إضافة حجم $V_b = 10ml$ أصبحت النسبة : $\frac{[CH_3COO^-(aq)]}{[CH_3COOH(aq)]} = 1$.

أ- استنتج قيمة K_A ثابت الحموضة للثنائية $CH_3COOH(aq)/CH_3COO^-(aq)$

ب- احسب قيمة V_a .

$\lambda_{CH_3COO^-} = 4.1\ mS.m^2.mol^{-1}$ و $\lambda_{H_3O^+} = 35.0\ mS.m^2.mol^{-1}$

التمرين 20:

1- نحضر محلولا مائيا S_1 لحمض $C_nH_{2n+1}COOH$ وذلك بانحلال كتلة: $m = 0.48g$ منه في $800ml$ من الماء المقطر , في درجة الحرارة 25°C قياس الـــــ pH له أعطى $pH = 3.39$.

أ- اكتب المعادلة المنمذجة لتفاعل الحمض مع الماء .

ب- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل .

ج- اذا علمت ان الـــpKa_1للثنائية : $C_nH_{2n+1}COOH/C_nH_{2n+1}COO^-$ هي : $pKa_1 = 4.76$ فاحسب C_a التركيز المولي لهذا الحمض. ثم استنتج صيغته.

2- للتأكد قيمة C_a التركيز المولي نقوم بمعايرة حجم $V_a = 20mL$ من المحلول S_1 بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)$ تركيزه المولي $C_b = 2 \times 10^{-2}\, mol/l$ ،أثناء المعايرة عند إضافة حجم $V_b = 8ml$ أصبحت قيمة pH المحلول في البيشر $pH = 5.36$.

أ- اكتب معادلة تفاعل المعايرة ثم انجز جدولا لتقدم التفاعل .

ب- احسب ثابت التوازن K لتفاعل المعايرة وماذا تستنتج؟

ج- بين انه عند اضافة حجم V_b من الاساس أقل من حجم التكافؤ فإن : $V_{bE} = V_b(1 + 10^{pKa-pH})$ ثم احسب حجم التكافؤ V_{bE} .

د- استنتج التركيز المولي C_a للحمض.

$$H = 1\, g/mol \qquad O = 16\, g/mol \qquad C = 12\, g/mol$$

التمرين 21: بكالوريا 2015 رياضيات:

تستعمل المنتوجات الصناعية الأزوتية في المجال الفلاحي لتوفرها على عنصر الأزوت الذي يعد من بين العناصر الضرورية لتخصيب التربة . يحتوي منتوج صناعي على نترات الامونيوم NH_4NO_3 كثير الذوبان في الماء . تشير لاصقة كيس المنتوج الصناعي الأزوتي الى النسبة المئوية لعنصر الأزوت 33% . القياسات تمت عند 25°C .

في اللحظة $t = 0$ نمزج حجما $V_1 = 20ml$ من محلول شوارد الامونيوم ${NH_4}^+$ تركيزه المولي $C_1 = 0.15\, mol/l$ مع حجم $V_2 = 10ml$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)$ تركيزه المولي $C_2 = 0.15\, mol/l$. قيس pH المزيج التفاعلي فوجد pH = 9.2 . ننمذج التحول الكيميائي الحادث بالمعادلة الكيميائية التالية:

$$ {NH_4}^+{}_{(aq)} + HO^-{}_{(aq)} = NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

1- أ– بين أن التفاعل السابق هو تفاعل حمض – أساس .

ب – أنشئ جدولا لتقدم التفاعل . حدد المتفاعل المحد واستنتج التقدم الأعظمي x_{max} .

جـــ – بين أنه عند التوازن : $x_{eq} = 1.5 \times 10^{-3}\ mol$.

د – احسب النسبة النهائية τ_f لتقدم التفاعل . ماذا تستنتج؟

2- بهدف التأكد من النسبة المئوية الكتلية لعنصر الازوت في المنتوج الصناعي ، نذيب عينة كتلتها $m = 6g$ منه في حوجلة عيارة ، فنحصل على محلول (S_a) حجمه $250ml$ نأخذ حجما $V_a = 10ml$ من المحلول (S_a) ونعايره بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 0.2\, mol/l$ ، نصل الى نقطة التكافؤ عند اضافة الحجم $V_{bE} = 14ml$.

أ- احسب التركيز المولي C_a للمحلول (S_a) واستنتج كتلة الازوت في العينة.

ب- تعرف النسبة المئوية الكتلية للأزوت بأنها : النسبة بين كتلة الازوت في العينة وكتلة العينة .

- احسب النسبة المئوية الكتلية لعنصر الازوت في العينة . ماذا تستنتج؟

تعطى : $PKa({NH_4}^+/NH_3) = 9.2 \quad M(H) = 1\, g/mol\ , M(N) = 14\, g/mol\, , M(O) = 16\, g/mol$

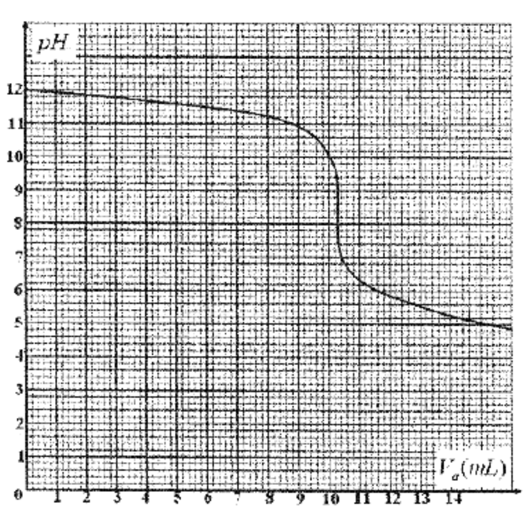
التمرين 22: من بكالوريا تقني رياضي 2012

الايبوبروفين حمض كربوكسيلي صيغته الجزيئية الاجمالية : $C_{13}H_{18}O_2$, دواء يعتبر من المضادات للالتهاب , شبيه بالاسبيرين , ممكن استعماله للآلام ومخفض للحرارة . تباع مستحضراته في الصيدليات على شكل مسحوق في أكياس تحمل المقدار $200mg$ يذوب في

الماء . في كل هذا النشاط نرمز لحمض الايبوبروفين بـــ$RCOOH$ ولأساسه المرافق $RCOO^-$. $M(RCOOH) = 206\,g/mol$.

تؤخذ كل المحاليل في $25°C$.

للتحقق من صحة المقدار المسجل على الكيس , نأخذ حجما $V_b = 100ml$ من محلول مائي S_b لهيدروكسيد الصوديوم $\left(Na^+{}_{aq} + OH^-{}_{aq}\right)$ تركيزه المولي : $C_b = 2 \times 10^{-2}\,mol/l$ ونذيب فيه كليا محتوى الكيس فنحصل على محلول مائي S نعتبر ان حجمه V_b , نأخذ $20ml$ من المحلول S ونضعه في بيشر ونعايره بمحلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه $C_a = 0.02\,mol/l$



فنحصل على المنحنى الباني , معادلة تفاعل المعايرة هي :

$$H_3O^+{}_{aq} + OH^-{}_{aq} = 2H_2O$$

1- ارسم بشكل تخطيطي عماية المعايرة .

2- عرف نقطة التكافؤ , ثم حدد إحداثيات هذه النقطة E

3- حدد كمية شوارد $OH^-{}_{aq}$ التي تمت معايرتها .

4- جد كمية المادة الاصلية لشوارد $OH^-{}_{aq}$ ثم استنتج تلك التي تفاعلت مع الحمض $RCOOH$ المتواجد في الكيس .

احسب m كتلة حمض الايبوبروفين المتواجدة في الكيس , ماذا تستنتج ؟

التمرين 23:

المثيل أمين $CH_3NH_{2(aq)}$ هو أساسا ضعيف ينحل في الماء ليعطي شوارد الميثيل أمونيوم $CH_3NH_3{}^+{}_{(aq)}$.

يوجد في مخبر ثانوية قارورة من المثيل أمين مجهولة التركيز نرمز لها بـــالمحلول(S), لمعرفة قيمة تركيزه قام فوج من التلاميذ بتحضير محلول (S_1) للمثيل امين ممدد 10 مرات انطلاقا من القارورة . أخذ أحد التلاميذ بواسطة ماصة حجما $V_b = 20\,ml$ من المحلول الممدد وضعه في بيشر ثم أضاف اليه تدريجيا بواسطة سحاحة محلولا من كلور الهيدروجين تركيزه $C_a = 0.02\,mol/l$. بعد اجراء القياسات تمكن التلاميذ من الحصول على البيان في الشكل :



1- ارسم مخطط البروتوكول التجريبي للمعايرة.

2- اكتب معادلة تفاعل المعايرة . ثم انجز جدولا لتقدم تفاعل المعايرة.

3- حدد من البيان قيمة حجم نصف التكافؤ ثم استنتج حجم التكافؤ.

4- احسب التركيز المولي C_b للمحلول الممدد ثم استنتج التركيز داخل القارورة .

5- عند اضافة $V_a = 2.8ml$ الى البيشر:

أ- احسب pH المحلول .

ب- احسب نسبة التقدم النهائي τ_f وماذا تستنتج؟

6- للتأكد ان انحلال محلول المثيل امين في الماء غير تام نستعين بالمحلول(S_1) .

أ- اكتب معادلة انحلال المثيل امين في الماء.

ب- عبر عن نسبة تقدم التفاعل $\tau`_f$ بدلالة التركيز المولي C_b , والـــ K_e و PH المحلول .

- احسب $\tau`_f$, ماذا تستنتج ؟

يعطى: $PKa\left(CH_3NH_3{}^+/CH_3NH_2\right) = 10.6$, $K_e = 10^{-14}$

التمرين 24:

قارورة من الخل الشفاف التجاري كتب على ملصقتها 5% ، وتعني ان كل 100g من الخل التجاري يحتوي على 5g من حمض الايثانويك النقي CH_3COOH. علما ان كثافة هذا الخل هي $d = 1.02$.

يتفاعل حمض الايثانويك مع الماء وفق المعادلة التالية:

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

وضع الأستاذ في حصة الاعمال المخبرية الوسائل التالية لتلاميذه:

- حوجلات عيارية: $50\,mL$ ، $100\,mL$ ، $200\,mL$.
- ماصات عيارية: $5\,mL$ ، $10\,mL$ ، $20\,mL$.
- بياشر، سحاحة مدرجة، مخلاط مغناطيسي، pH متر.
- ماء مقطر، محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + OH^-)$ تركيزه المولي: $C_b = 0.05\,mol/L$.

I. طلب الأستاذ من تلاميذه تحضير محلول (S_1) ممدد 20 مرة حجمه $V_1 = 100\,mL$ انطلاقا من الخل التجاري.

1- اكتب البروتوكول التجريبي لتحضير المحلول (S_1) مع ذكر الزجاجيات المستعملة.

2- تأكد ان التركيز المولي للحمض التجاري هو $C_0 = 0{,}85\,mol/L$ ثم استنتج C_1 تركيز المحلول (S_1) .

3- قام أحد التلاميذ بقياس pH المحلول (S_1) فوجده يساوي 3,07 .

أ- انجز جدولا لتقدم تفاعل حمض الايثانويك مع الماء.

ب- احسب τ_f وماذا تستنتج؟

ج- تحقق أن قيمة الـــ $pka = 4{,}76$ للثنائية (CH_3COOH/CH_3COO^-).

II. بغرض التأكد من صحة المعلومة على ملصقة الخل التجاري كلف الأستاذ مجموعة من التلاميذ بمعايرة حجما $V_a = 20ml$ من المحلول (S_1) بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم $C_b = 0.05\,mol/L$. النتائج التجريبية مكنت من الحصول على الجدول التالي:

$V_b(ml)$	1	2	4	6	8	9	10	12	14
pH	3.55	3.88	4.24	4.49	4.7	4.81	4.91	5.14	5.42
$\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$									

ننمذج التحول الحاصل أثناء المعايرة بين حمض الخل وهيدروكسيد الصوديوم بالمعادلة التالية:

$$CH_3COOH_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} = CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

1- ضع المخطط التجريبي الذي حققه التلاميذ لإنجاز عملية المعايرة.

2- بين أنه من أجل إضافة حجم V_b أقل من حجم التكافؤ فإن: $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = 10^{pH-pKa}$

- أكمل الجدول، ارسم المنحنى البياني $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = f(V_b)$.

3- حدد حجم نصف التكافؤ ثم استنتج التركيز المولي للمحلول (S_1) .

4- احسب النسبة المئوية للحمض النقي في المحلول التجاري وهل تتوافق مع ما هو مكتوب على الملصة؟

5- في غياب الـــ pH المتر اقترح طريقتين تجريبيتين للحصول على التكافؤ.

6- حدد الصفة الغالبة عند إضافة حجم $V_b = 14mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم الى البيشر مع التعليل.

معطيات: $M_C = 12\,g/mol$, $M_H = 1\,g/mol$, $M_O = 16\,g/mol$.